

Original document

HIGH STRENGTH AND HIGH TOUGHNESS STEEL BAR FOR EARTHQUAKE PROOF DAMPER EXCELLENT IN LOW CYCLE FATIGUE CHARACTERISTIC ND PRODUCING METHOD THEREFOR

Patent number: JP2001234285
Publication date: 2001-08-28
Inventor: TARUI TOSHIZO; SUZUKI KAZUSADA; WATANABE ATSUSHI;
SUGISAWA MITSURU
Applicant: NIPPON STEEL CORP
Classification:
- international: C22C38/00; C21D8/06; C21D9/00; C22C38/06; C22C38/58; F16F1/02
- european:
Application number: JP20000046626 20000223
Priority number(s): JP20000046626 20000223

[View INPADOC patent family](#)

[Report a data error here](#)

Abstract of **JP2001234285**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a steel bar for an earthquake proof damper in which the increase of strength for increasing energy absorption and the improvement of the low cycle fatigue life are made consistent and moreover excellent in low temperature toughness and to provide a producing method therefor. **SOLUTION:** This high strength and high toughness steel bar for an earthquake proof damper excellent in low cycle fatigue characteristics has a composition containing, by mass, 0.02 to 0.15% C, 0.01 to 1.5% Si, 0.2 to 3.0% Mn, 0.001 to 0.3% Al and 0.001 to 0.02% N and, if required, containing other elements, and in which carbon equivalent is 0.3 to 0.8%. Moreover, this steel can be product by performing heat treatment to 850 to 1,100 deg.C and hot-forming or performing normalizing treatment so as to be heated at 850 to 1,100 deg.C after hot forming.

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-234285
(P2001-234285A)

(43) 公開日 平成13年8月28日 (2001.8.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル* (参考)	
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 Y	3 J 0 5 9
			3 0 1 A	4 K 0 3 2
C 2 1 D 8/06		C 2 1 D 8/06	A	4 K 0 4 2
9/00		9/00	G	
C 2 2 C 38/06		C 2 2 C 38/06		
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願2000-46626(P2000-46626)

(22) 出願日 平成12年2月23日 (2000.2.23)

(71) 出願人 000006855

新日本製鐵株式会社

東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(72) 発明者 樽井 敏三

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

(72) 発明者 鈴木 一弁

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

(74) 代理人 100062421

弁理士 田村 弘明 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、エネルギー吸収能を高めるための高強度化と低サイクル疲労寿命の向上を両立化させるとともに低温靱性の優れた免震ダンパー用鋼棒とその製造方法を提供する。

【解決手段】 質量%で、C:0.02~0.15%、Si:0.01~1.5%、Mn:0.2~3.0%、Al:0.001~0.3%、N:0.001~0.02%、必要に応じてその他の元素を含有し、炭素当量が0.3~0.8%であることを特徴とする低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒であり、また、この鋼は850~1100℃に加熱し熱間成形を行うか、あるいは熱間成形後850~1100℃に加熱する焼きならし処理をすることにより、製造することができる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 質量%で、

C : 0.02~0.15%、

Si : 0.01~1.5%、

Mn : 0.2~3.0%、

Al : 0.001~0.3%、

$$Ceq = C\% + Si\%/24 + Mn\%/6 + (Cr\% + Mo\% + V\%)/5 + (Ni\% + Cu\%)/15 \cdots (1)$$

【請求項2】 鋼成分がさらに、質量%で、

Cr : 0.05~2.0%、

Mo : 0.05~1.0%、

Ni : 0.05~5.0%、

Cu : 0.05~1.5%、

B : 0.0003~0.005%

の1種または2種以上を含むことを特徴とする請求項1記載の低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒。

【請求項3】 鋼成分がさらに、質量%で、

V : 0.01~0.5%、

Nb : 0.001~0.5%、

Ti : 0.003~0.1%

の1種または2種以上を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒。

【請求項4】 鋼成分がさらに、質量%で、

Ca : 0.0003~0.01%、

Mg : 0.0003~0.01%、

REM : 0.005~0.1%

の1種または2種以上を含むことを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載の低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒。

【請求項5】 請求項1ないし4のいずれかに記載の成分を含有する鋼棒を850~1100℃に加熱し熱間成形を行うことを特徴とする低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒の製造方法。

【請求項6】 請求項1ないし4のいずれかに記載の成分を含有する鋼棒を850~1100℃に加熱し熱間成形を行った後、850~1100℃に加熱する焼きならし処理を施すことを特徴とする低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属す技術分野】本発明は、地震等により建築構造物等に作用する振動エネルギーを吸収するための免震ダンパー装置に用いられる、低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】地震等により建築構造物等に作用する振動エネルギーを吸収するための免震ダンパー装置として、オイルダンパー、粘性ダンパーなど種々の方法が提

N : 0.001~0.02%

を含有し、残部はFeおよび不可避免的不純物からなり、

(1)式で示す炭素当量(Ceq)が0.3~0.8%であることを特徴とする低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒。

案されている。また、鋼材を利用した免震ダンパー装置として、例えば、特開昭60-258343号公報、特開平1-268933号公報、特開平5-263549号公報、特開平7-76952号公報に見られるように幾つかの方法が提案されている。

【0003】一方、免震ダンパー用鋼棒に必要な特性は、振動エネルギーを塑性変形によって吸収する高いエネルギー吸収能および塑性歪みが10%以上の領域での低サイクル疲労特性にある。さらに、免震ダンパーが寒冷地で使用される場合には、低温靱性も要求されている。鋼棒のエネルギー吸収能は、鋼棒の強度が高いほど向上する。しかし、低サイクル疲労寿命は、一般に強度が高くなるほど低下する。即ち、鋼棒のエネルギー吸収能と低サイクル疲労寿命は相反する関係にある。また、低温靱性も強度が高くなるほど低下する。

【0004】ダンパー用鋼材として、特開平6-146651号公報では、降伏強さが20~35kgf/mm²、引張り強さが35~50kgf/mm²、伸びが20%以上、軸方向全歪み振幅5%における低サイクル疲労回数が30回以上である鋼棒が提案されている。また、特開平3-31467号公報では、振動エネルギー吸収部材用鋼材の製造方法が提案されている。しかし、いずれの技術も鋼材の引張強さは50kgf/mm²以下であり、エネルギー吸収能を高めるためには限界がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の如き実状に鑑みなされたものであって、免震ダンパー用鋼棒に関して、エネルギー吸収能を高めるための高強度化と低サイクル疲労寿命の向上を両立化させるとともに、低温靱性の優れた免震ダンパー用鋼棒およびその製造方法を提供することを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】鋼材の高強度化を達成するための手段として、①フェライトの細粒化強化。②析出強化。③固溶強化。④セメントナイト分率の増加。⑤強度の高いベイナイト、マルテンサイトの利用がある。上記のいずれの手段によっても鋼材の高強度化は可能であるが、本発明の目的とする低サイクル疲労特性を考慮する必要がある。

【0007】低サイクル疲労特性に及ぼす上記の強化手段の影響は明確でないため、本発明者らはまず低サイクル疲労寿命とエネルギー吸収能に及ぼす上記①~⑤の要因について詳細に解析した。その結果、鋼棒の高強度

化、即ち高いエネルギー吸収能と優れた低サイクル疲労寿命を有する鋼棒を実現するためには、鋼材の強化方法として、フェライトの細粒化、およびTi (CN), V (CN), Nb (CN) 等の炭窒化物を利用した析出強化、次いでSi, Mn, Ni等による固溶強化が良いことを見いだした。また、これらの強化方法は低温靱性を損なわないことを明らかにした。さらに、フェライトの

C : 0.02~0.15%、
Mn : 0.2~3.0%
N : 0.001~0.02%

を含有し、残部はFeおよび不可避免的不純物からなり、

(1) 式で示す炭素当量 (Ceq) が0.3~0.8%

$$Ceq = C\% + Si\%/24 + Mn\%/6 + (Cr\% + Mo\% + V\%)/5 + (Ni\% + Cu\%)/15 \cdots (1)$$

(2) 鋼成分がさらに、質量%で、

Cr : 0.05~2.0%、
Ni : 0.05~5.0%、
B : 0.0003~0.005%

の1種または2種以上を含むことを特徴とする前記

(1) 項記載の低サイクル疲労特性の優れた高強度・高

V : 0.01~0.5%、
Ti : 0.003~0.1%

の1種または2種以上を含むことを特徴とする前記

(1) または(2) 項に記載の低サイクル疲労特性の優

Ca : 0.0003~0.01%、
REM : 0.005~0.1%

の1種または2種以上を含むことを特徴とする前記

(1) ないし(3) 項のいずれかに記載の低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒。

(5) 前記(1) ないし(4) 項のいずれかに記載の成分を含有する鋼棒を850~1100℃に加熱し熱間成形を行うことを特徴とする低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒の製造方法。

(6) 前記(1) ないし(4) 項のいずれかに記載の成分を含有する鋼棒を850~1100℃に加熱し熱間成形を行った後、850~1100℃に加熱する焼きならし処理を施すことを特徴とする低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒の製造方法。

【0009】

【発明の実施の形態】まず本発明における低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒とは、

①引張強さが550MPa以上、

②50%破面遷移温度が-30℃以下、

③鋼棒にかかる塑性歪みが10~15%の領域での疲労寿命が12回以上であることを意味している。

【0010】以下に、本発明の対象とする鋼の成分の限定理由について述べる。

C : Cは鋼棒の強度を増加させるために有効な元素であるが、0.02%未満では本発明で目的とする550MPa以上の引張り強さを得ることが困難である。一方、

細粒化強化、析出強化を十分に発揮するための免震ダンパー用鋼棒の製造技術を確立した。

【0008】本発明は以上の知見に基づいてなされたものであって、その要旨とするところは、次の通りである。

(1) 質量%で、

Si : 0.01~1.5%、
Al : 0.001~0.3%、

であることを特徴とする低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒。

(1) 質量%で、

Mo : 0.05~1.0%、
Cu : 0.05~1.5%、

靱性免震ダンパー用鋼棒。

(3) 鋼成分がさらに、質量%で、

Nb : 0.001~0.5%、

れた高強度・高靱性免震ダンパー用鋼棒。

(4) 鋼成分がさらに、質量%で、

Mg : 0.0003~0.01%、

0.15%を超える過剰な添加は強度が高くなるものの低サイクル疲労寿命が大幅に低下するとともに靱性が低下する。従って、Cの添加範囲を0.02~0.15%に限定した。

【0011】Si : Siはフェライトの固溶強化と鋼の脱酸のために有効な元素であり、鋼棒の高強度化とエネルギー吸収能を向上させる作用がある。0.01%未満では前記の効果が期待できず、一方、1.5%を超えて添加しても効果が飽和するため、0.01~1.5%の範囲に制限した。

【0012】Mn : Mnは脱酸、脱硫のために必要であるばかりでなく、フェライトの細粒化および固溶強化に極めて有効な元素であり、鋼棒の高強度化とエネルギー吸収能を向上させる作用がある。さらに低サイクル疲労寿命を向上させる効果がある。0.2%未満では上記の効果が十分に発揮できず、一方、3.0%を超えて添加しても効果が飽和するために、0.2~3.0%の範囲に限定した。

【0013】Al : Alは脱酸およびフェライト粒径の細粒化に有効な元素であり、フェライト粒の細粒化によって鋼棒の高強度化とエネルギー吸収能の増加、さらには低サイクル疲労寿命および靱性の向上を図ることができる。0.001%未満では前記の効果が発揮できず、0.3%を超えて添加しても添加量に見合う効果が期待できないため、0.001~0.3%の範囲に制限し

た。

【0014】N：NはAlやTiと結合して炭窒化物を形成することにより、オーステナイト粒およびフェライト粒を細粒化させる作用がある。さらに、Ti、V、Nbが添加されている場合は、それらの炭窒化物が析出することによって析出硬化する。この結果、鋼棒の強度が高まりエネルギー吸収能が向上するとともに、低サイクル疲労寿命と靱性も向上させることが可能となる。N添加量が0.001%未満では、前記効果が十分に発揮できず、一方、0.02%を超えて添加すると固溶N量が増加し、靱性が低下するため、0.001～0.02%の範囲に制限した。

【0015】以上が本発明の鋼棒の基本成分であるが、本発明では焼入性を増加させて鋼棒の強度を高めるためにCr、Mo、Ni、Cu、Bの1種または2種以上、またフェライトの細粒化と析出強化を図るためにV、Ti、Nbの1種または2種以上、さらにフェライトの細粒化を図るためにCa、Mg、REMを1種または2種以上を含有することができる。

【0016】Cr：Crは鋼棒の強度向上に有効な元素であるが、明瞭な効果を生じるためには0.05%以上の添加が必要であり、一方、2.0%を超えて添加すると靱性が劣化する傾向にあるため、0.05～2.0%の範囲に制限した。

【0017】Mo：Moは鋼棒の強度向上および免震ダンパーの耐火性が必要とされる場合は耐火性向上に極めて有効な元素である。0.05%未満では、前記効果が十分に発揮できず、1.0%を超えて添加しても添加量に見合う効果が期待できないため、0.05～1.0%の範囲に制限した。

【0018】Ni：Niは鋼棒の強度上昇と吸収エネルギーの増加および低サイクル疲労寿命と低温靱性の向上に極めて有効な元素であるが、効果を十分に発揮させるためには0.05%以上を添加する必要がある。一方、5.0%を超えて添加しても効果が飽和するため、上限を5.0%にした。

【0019】Cu：CuもNiと同様の効果を有するが、0.05%未満では十分な効果を期待できず、一方、1.5%を超えて添加すると熱間加工性が低下する

$$Ceq = C\% + Si\%/24 + Mn\%/6 + (Cr\% + Mo\% + V\%)/5 + (Ni\% + Cu\%)/15 \cdots (1)$$

炭素当量が0.3%未満であると本発明の目的とする引張強さが550MPa以上の高強度の鋼棒を製造することが困難となる。一方、炭素当量が0.8%を超えると、靱性および低サイクル疲労特性を劣化させるマルテンサイトが生成しやすくなるため上限を0.8%に限定した。

【0027】次に、低サイクル疲労特性の優れた高強度・高靱性のダンパー用鋼棒の製造方法について述べる。熱間圧延で所定の径に圧延されたダンパー用鋼棒は、熱間で所定の形状に成形した後に冷却するか、もしくは熱

ため、0.05～1.5%の範囲に制限した。

【0020】B：Bは微量添加で焼入性が増加し強度を高める作用があるが、0.0003%未満では前記効果が期待できず、0.005%を超えて添加しても効果が飽和するため、0.0003～0.005%の範囲に限定した。

【0021】V：VはNおよび炭素と結合することにより炭窒化物を形成し、フェライトの析出強化およびフェライトの細粒化強化に極めて有効な元素である。この結果、鋼棒の強度が増加しエネルギー吸収能が高くなるとともに、低サイクル疲労寿命と低温靱性を向上させることが可能となる。上記効果は、0.01%未満では十分に発揮できず、0.5%を超えて添加しても効果が飽和するため、0.01～0.5%の範囲に制限した。

【0022】Nb：NbもVと同様の効果を有するが、0.001%未満では効果が十分に期待できず、一方0.5%を超えて添加しても効果が飽和するため、0.001～0.5%の範囲に限定した。

【0023】Ti：TiもV、Nbと同様の効果を有するが、0.003%未満では効果が発揮できず、0.1%を超えて添加しても効果が飽和するため、0.003～0.1%の範囲に制限した。

【0024】Ca、Mg、REM：Ca、Mg、REMはいずれも微細な酸化物あるいは硫化物もしくはこれらの混合物を形成し、フェライトの細粒化に有効な元素である。この結果、鋼棒の高強度化とエネルギー吸収能の向上および低サイクル疲労寿命と低温靱性を向上させることができる。これらの効果を発揮するための下限の含有量は、CaおよびMgは0.0003%、REMは0.005%である。一方、過剰に添加すると硫化物や酸化物の粗大化が生じ靱性が低下するため、上限をそれぞれ、Ca、Mgは0.01%、REMは0.1%に制限した。

【0025】他の元素は特に限定しないが、靱性の低下を防ぐ点で、P：0.02%以下、S：0.02%以下が好ましい範囲である。

【0026】以上の化学組成の限定に加えて、本発明においては以下の理由により、(1)式で示す炭素当量(Ceq)を0.3～0.8に限定している。

間成形後に結晶粒を微細化させることによって、強度、靱性および低サイクル疲労特性を向上させるための焼きならし処理を経る工程で製造される。結晶粒の細粒化および強度高強度・高靱性で且つ低サイクル疲労特性の優れた鋼棒を製造する上で重要な点は、最終的にフェライト粒を細粒化することにある。

【0028】ダンパー用鋼棒の熱間成形条件：熱間圧延された鋼棒を所定の形状に成型する熱間成形温度は、1100℃を超えるとオーステナイト粒が粗大化し最終的に微細なフェライト組織を得ることが困難になり、靱性

および低サイクル疲労寿命の低下を招く。さらに1100℃を超えると鋼棒表面の脱炭も著しくなるため疲労特性が劣化する。一方、850℃未満では完全なオーステナイト化が困難であるため、熱間成形温度範囲を850～1100℃の範囲に限定した。

【0029】焼きならし条件：熱間成形後の焼きならし温度が、1100℃を超えると微細なフェライト組織にすることが困難であり、さらに表面の脱炭も著しくなる。この結果、強度、靱性および低サイクル疲労特性が低下しやすくなる。一方、850℃未満では完全なオーステナイト化が困難であるため、焼きならし温度範囲を850～1100℃の範囲に限定した。

【0030】なお、熱間圧延条件は限定しないもののフェライト粒の細粒化の観点から、下記の仕上げ圧延条件が好ましい。熱間圧延の仕上げ温度が1000℃を超えるとオーステナイト粒の細粒化ができないため、粗大なフェライト組織の鋼材となる。粗大なフェライト組織の鋼材を用いて、熱間で所定形状のダンパー用鋼棒に加工しても最終的に微細なフェライト組織とすることが困難となる。ダンパー用鋼棒のフェライト粒径が粗大な場合、低サイクル疲労特性および低温靱性は低下する。このため、熱間圧延仕上げ温度は1000℃以下とするのが好ましい範囲である。また、仕上げ圧延の圧下率が20%未満では、フェライトの細粒化が困難であるため、圧下率の下限は20%以上が好ましい範囲である。

【0031】

【実施例】以下、実施例により本発明の効果をさらに具体的に説明する。表1に示す化学組成を有する供試材を熱間圧延で50～100mmの径に仕上げた。熱間圧延の仕上げ圧延は、仕上げ温度；800～950℃、仕上げ圧下率；25～40%の条件で行った。その後、熱間で所定形状の鋼棒に成形した。熱間成形後は空冷した。また、焼きならし処理は、所定温度で1時間保持し、その

後空冷した。

【0032】熱間成形後あるいは焼きならし処理後の鋼棒から、引張試験片およびシャルピー衝撃試験片を採取し、その特性を評価した。シャルピー衝撃特性は50%破面遷移温度(vTrs)で評価した(JIS 4号試験片)。さらに図1に示す免震装置を用いて、水平振幅が50cmの条件での疲労試験を行った。鋼棒が破断する回数と累積吸収エネルギー量で鋼棒の低サイクル疲労特性を評価した。鋼棒の製造条件および引張試験、破面遷移温度、低サイクル疲労特性の結果を表2に示す。

【0033】表2において、試験No. 1～12が比較例で、13～40が本発明例である。同表に見られるように本発明例は、いずれも引張強さが550MPa以上、破面遷移温度が-30℃以下であり、さらに低サイクル疲労特性における破断回数、累積吸収エネルギー量は比較例に比べ高く優れている。これに対して比較例であるNo. 1～3, 6～8は、いずれもC含有量が0.15%を超えているために破面遷移温度が高く、低サイクル疲労試験における破断回数も本発明で目的としている12回に達していない。さらに、No. 9は炭素当量が0.8を超えているため一部にマルテンサイトが発生した例であり、破面遷移温度が大幅に悪化し、破断回数も極端に低下した例である。また、比較例であるNo. 4, 5は、いずれも破面遷移温度、破断回数は良好であるものの、炭素当量が0.3未満であるために本発明で目的とする550MPa以上の強度に達していない例である。さらに、比較例であるNo. 10～12は、いずれも熱間成形温度あるいは焼きならし温度が1100℃を超えたために結晶粒が粗大化し、この結果、破面遷移温度が低く、また破断回数も目的に達しなかった例である。

【0034】

【表1】

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr	Mo	Ni	Cu	B	V	Nb	Ti	Ca	Mg	REM	Ceq
A1	0.17	0.29	0.74	0.006	0.006	0.033	0.0045	1.16	0.22										0.581
A2	0.22	0.24	0.79	0.008	0.008	0.025	0.0032	1.08	0.17										0.612
A3	0.44	0.22	0.81	0.008	0.009	0.026	0.0061												0.584
A4	0.01	0.24	1.46	0.011	0.007	0.087	0.0040												0.263
A5	0.01	0.55	1.03	0.009	0.007	0.056	0.0029			0.54									0.241
A6	0.18	0.10	2.20	0.009	0.010	0.030	0.0037					0.0014			0.012				0.551
A7	0.19	0.14	1.46	0.007	0.009	0.044	0.0040			0.71	0.31		0.050						0.517
A8	0.19	0.26	1.28	0.013	0.005	0.026	0.0038		0.41	0.24	0.11		0.048	0.015			0.0008	0.009	0.529
A9	0.14	0.54	2.89	0.008	0.006	0.025	0.0053			2.51			0.088						0.629
B1	0.06	0.82	2.39	0.007	0.005	0.029	0.0022												0.493
B2	0.13	0.51	1.84	0.012	0.005	0.037	0.0026			0.55									0.495
B3	0.08	0.05	1.77	0.007	0.009	0.049	0.0035			1.53	0.54								0.515
B4	0.06	0.18	2.55	0.006	0.006	0.088	0.0041					0.0024							0.493
B5	0.06	1.22	1.96	0.010	0.007	0.070	0.0026		0.54										0.546
B6	0.03	0.31	1.26	0.009	0.008	0.065	0.0034	1.23											0.499
B7	0.09	0.17	1.43	0.007	0.009	0.094	0.0044		0.23	1.74									0.497
B8	0.12	0.14	2.00	0.008	0.010	0.065	0.0069						0.213						0.502
B9	0.10	0.45	2.24	0.011	0.007	0.060	0.0048							0.024					0.497
B10	0.09	0.99	2.12	0.008	0.012	0.058	0.0050								0.014				0.485
B11	0.04	0.40	1.97	0.008	0.008	0.044	0.0136						0.340	0.018					0.493
B12	0.07	0.18	1.46	0.007	0.007	0.120	0.0045			2.48				0.190					0.524
B13	0.14	0.10	1.49	0.010	0.010	0.071	0.0039	0.20	2.79	1.00			0.085	0.051					0.702
B14	0.05	0.12	1.40	0.008	0.010	0.069	0.0050	0.18	2.02	0.95			0.081	0.050					0.539
B15	0.06	0.22	1.66	0.006	0.009	0.048	0.0062			2.50		0.0009	0.08	0.019	0.019				0.523
B16	0.03	0.14	1.55	0.003	0.003	0.065	0.0047		0.45	1.76	0.58		0.048	0.096					0.550
B17	0.09	0.36	0.63	0.007	0.008	0.049	0.0044		0.64	0.88	0.40	0.0010							0.423
B18	0.08	0.17	1.24	0.006	0.009	0.055	0.0036	0.67	0.22	0.70		0.0018							0.518
B19	0.06	0.25	1.39	0.008	0.010	0.079	0.0096		0.34	1.31			0.151	0.180					0.488
B20	0.12	0.48	2.43	0.005	0.002	0.058	0.0038									0.0008			0.545
B21	0.08	0.25	1.5	0.009	0.009	0.060	0.0035			1.48							0.0005		0.446
B22	0.07	0.11	1.34	0.009	0.008	0.049	0.0039		0.84				0.236				0.0031		0.513
B23	0.04	0.16	1.10	0.012	0.005	0.070	0.0063	0.98				0.0018	0.120					0.006	0.45
B24	0.06	0.14	1.46	0.010	0.004	0.068	0.0079		0.40	1.23		0.0015	0.046	0.096		0.0005		0.008	0.480
B25	0.14	0.13	1.45	0.010	0.010	0.046	0.0048		0.53	2.01			0.150			0.0004	0.0015		0.657
B26	0.05	0.28	1.32	0.008	0.005	0.077	0.0043	0.51	0.22	0.89	0.19		0.110	0.080		0.0010	0.0045	0.015	0.522
B27	0.06	0.20	1.68	0.007	0.004	0.052	0.0033	0.75											0.498
B28	0.07	0.16	1.32	0.008	0.009	0.002	0.0088		0.66	1.09			0.090				0.0020		0.519

【0035】

【表2】

試験 No.	鋼 種	径 mm	熱間成形 温度 ℃	焼きなら し温度 ℃	鋼棒の機械的性質		低サイクル疲労特性	
					引張強さ MPa	√Rm ℃	疲労回数 回	累積吸収ひずみ ¹ N・m
比較例	1 A1	75	954	923	567	-28	9	4326203
	2 A2	90	923		695	-16	7	4704937
	3 A3	80	897	875	613	-5	7	4625902
	4 A4	75	965		408	-69	21	7937208
	5 A5	90	975	926	385	-73	26	8933662
	6 A6	90	968	951	656	-20	6	3880786
	7 A7	100	946		629	-18	7	4133405
	8 A8	75	975		659	-15	8	5060231
	9 A9	75	1010	943	1188	14	4	2860176
	10 B1	100	946	1205	659	-29	11	6868578
	11 B3	90	1187		805	-11	10	7737349
	12 B13	90	857	1189	819	-8	9	6887799
本発明例	13 B1	50	905	903	619	-55	18	10785353
	14 B2	100	965		611	-54	19	12137494
	15 B3	75	910		627	-51	19	11448969
	16 B4	75	912		599	-55	20	11709532
	17 B5	80	896	905	642	-47	19	12704318
	18 B6	90	948		653	-54	20	12747468
	19 B7	100	976	952	633	-54	18	11734735
	20 B8	90	935		626	-53	21	12553552
	21 B9	75	956	921	648	-55	18	11601953
	22 B10	75	981		599	-56	22	12697611
	23 B11	90	1065	1054	608	-55	20	11764841
	24 B12	50	912		658	-50	18	11578909
	25 B13	90	886	1021	769	-32	16	11826819
	26 B14	75	965	869	656	-48	17	11070727
	27 B15	75	980	946	692	-50	19	12635868
	28 B16	75	943	923	645	-46	21	13213578
	29 B17	90	921		587	-65	23	13269280
	30 B18	90	930		640	-51	19	11755623
	31 B19	75	945	919	595	-55	22	12678233
	32 B20	90	974	879	661	-47	21	13536511
	33 B21	90	944	940	571	-62	23	12729031
	34 B22	90	958	923	625	-52	18	11695018
	35 B23	80	939		575	-61	21	12585364
	36 B24	75	922		589	-56	23	13013424
	37 B25	75	876	865	732	-33	17	12308326
	38 B26	90	917	958	646	-48	19	12482394
	39 B27	75	908		618	-54	21	12473568
	40 B28	75	956	950	658	-51	21	13279773

【0036】

【発明の効果】以上の実施例からも明かなごとく、本発

明は免震ダンパー用鋼棒の高強度・高靱性化と優れた低
サイクル疲労特性を両立化したものであり、産業上の効

果は極めて顕著なものがある。

【図面の簡単な説明】

【図1】実験に用いた免震装置であって、(a)は平面、(b)は側面を示す。

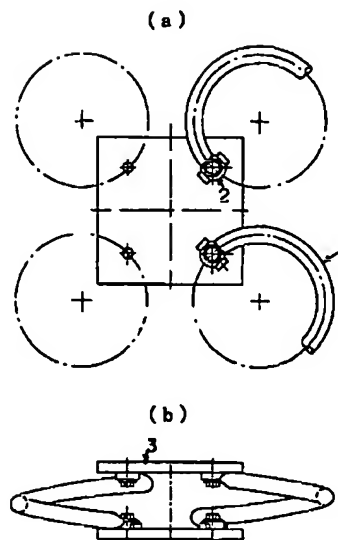
【符号の説明】

1：免震ダンパー用鋼棒

2：鋼棒取付部材

3：鋼棒固定金物

【図1】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁷

C 2 2 C 38/58

F 1 6 F 1/02

識別記号

F I

C 2 2 C 38/58

F 1 6 F 1/02

(参考)

A

(72)発明者 渡辺 厚

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

(72)発明者 杉沢 充

千葉県富津市新富20-1 新日本製鐵株式
会社技術開発本部内

Fターム(参考) 3J059 AB05 AB07 AB11 AD06 BA01

BC02 BD01 GA42

4K032 AA01 AA02 AA11 AA12 AA14

AA15 AA16 AA17 AA19 AA21

AA22 AA23 AA24 AA31 AA32

AA35 AA36 BA02 CA01 CA02

CF03

4K042 AA14 BA01 BA02 BA04 CA02

CA03 CA05 CA06 CA08 CA09

CA10 CA12 CA13 CA14 DA04

DC02